

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Hornicko-geologická fakulta
Institut geoinformatiky

**TVORBA 3D MODELŮ BUDOV S POUŽITÍM METOD
DIGITÁLNÍ PRŮSEKOVÉ FOTOGRAMMETRIE**

Diplomová práce

Autor:

Vedoucí diplomové práce:

Bc. Vojtěch Roupá

Ing. Tomáš Peňáz, Ph. D.



OSTRAVA 2009
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geoinformatiky

Zadání diplomové práce

pro Bc. Vojtěcha Roupu

obor 3646R006-00 Geoinformatika

Vedoucí institutu Vám ve smyslu čl. 26 Studijního a zkušebního řádu pro studium v navazujících magisterských studijních programech VŠB-TU Ostrava a směrnice č. 4/2000 děkana HGF určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

Tvorba 3D modelů budov s použitím metod digitální průsekové fotogrammetrie

Anglický název tématu:

3-Dimensional Buildings Modelling Based on Close-Range Photogrammetry Methods

Zásady pro vypracování:

Použitelné datové zdroje:

- ortofotosnímky modelového území
- historické letecké snímky modelového území

Úkoly:

- Seznamte se s problematikou digitální průsekové fotogrammetrie a soustředte se na možnost využití metody pro tvorbu 3D modelů budov.
- Vyberte si vhodné programové vybavení pro realizaci pilotního projektu, v rámci něhož vytvoříte 3D model budov Slezskoostravského hradu a následně jej integrujete do 3D modelu Moravskoslezského kraje.
- Navrhněte metodiku pro tvorbu 3D modelů budov využitelných spolu s ortofotosnímky příslušného území k integraci do 3D modelu reliéfu terénu územního celku.
- Popište výhody a nevýhody navržené metody a porovnejte ji s jinými metodami (např. Laserscanning).

PROHLÁŠENÍ

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Rovněž souhlasím s tím, že kompletní text diplomové práce bude publikován v materiálech zajišťujících propagaci VŠB-TUO, vč. příloh časopisů, sborníků z konferencí, seminářů apod. Publikování textu práce bude provedeno v omezeném rozlišení, které bude vhodné pouze pro čtení a neumožní tedy případnou transformaci textu a dalších součástí práce do podoby potřebné pro jejich další elektronické zpracování.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 23. 4. 2009

Bc. Vojtěch Roupa
Jiřínková 1612/1
70800, Ostrava

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

V předložené diplomové práci je zpracována problematika digitální průsekové fotogrammetrie s dalším využitím pro tvorbu 3D modelů budov. První část práce vysvětluje základní dělení modelování, možnosti, které skýtá 3D prostor pro vizualizaci předloh. Výběr určité metody v souladu se zadáním práce následuje v další části společně s popisem postupu, který vede k vytvoření 3D modelu Slezskoostravského hradu. V další části je vylíčen postup integrace vytvořeného modelu do prostředí Google Earth a 3D ortofotomapy Moravskoslezského kraje. Následuje část věnovaná komentáři použité metodiky, popisu výhod a nevýhod navržených metod, stejně tak, jako porovnání s metodami jinými. Závěr práce je věnován shrnutí celého postupu a komentářům k provedené vizualizaci modelu.

Klíčová slova:

Slezskoostravský hrad, 3D, modelování, fotogrammetrie

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

In the here presented Diploma thesis, the problematics of close-range Photogrammetry specified in 3-Dimensional buildings modelling, is covered. The first part explains the basic modelling division, possibilities in visualisation of the models. In the next part, choosing the method in accordance with the assignment leading to the creating 3-Dimensional model of Silesian Ostrava Castle is described. The process of the model integration into Google Earth environment and 3-Dimensional ortophotomap of Moravian - Silesian region is content of the third part of my thesis. The comments and descriptions of used methodics are following and the conclusion is dedicated to the results of the analysis, comparison with another methods, overview over all the process and comments on visualisation of the model.

Keywords:

Silesian Ostrava Castle, 3D, modelling, photogrammetry

OBSAH

1.ÚVOD.....	10
2.CÍLE PRÁCE A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	11
3.VÝBĚR METODY.....	12
3.1.MODELOVÁNÍ NA BÁZI VEKTOROVÉHO VNÍMÁNÍ KONSTRUKCE.....	13
3.1.1.Polygonální modelování.....	13
3.1.2.Modelování NURBS.....	14
3.1.3. Modelování z křivek a plátů.....	14
3.1.4.Modelování na bázi využívání primitivních prvků.....	14
3.2.MODELOVÁNÍ NA BÁZI TVORBY KONSTRUKCE Z RASTRŮ.....	14
4.PROBLEMATIKA DIGITÁLNÍ PRŮSEKOVÉ FOTOGRAMMETRIE.....	15
4.1.KOMPENDIUM TEORIE.....	15
4.2.MOŽNOST VYUŽITÍ METODY PRŮSEKOVÉ FOTOGRAMMETRIE.....	17
4.2.1.Optické 3D skenování.....	17
4.2.2.Laserové 3D skenování.....	18
5.NÁVRH POSTUPU ŘEŠENÍ.....	19
5.1.SBĚR DAT.....	19
5.1.1.Určení stanovišť pro pořizování snímků.....	19
5.2.ZPRACOVÁNÍ DAT.....	19
5.2.1.Úprava snímků.....	19
5.2.2.Vizualizace stanovišť.....	19
5.2.3.Tvorba modelu.....	19
5.2.4.Export modelu.....	20
5.3.VIZUALIZACE MODELU.....	20
6.VÝBĚR SOFTWARE.....	21
6.1.GOOGLE PICASA.....	21
6.2.OPEN JUMP.....	21
6.3.PHOTOMODELER PRO 5.....	22
6.4.GOOGLE SKETCHUP.....	22
6.5.GOOGLE EARTH.....	22
6.6.3D ORTOFOTOMAPA MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE.....	23
7.POPIS POSTUPU ŘEŠENÍ.....	24

7.1.SBĚR DAT.....	25
7.1.1.Určení stanovišť pro pořizování snímků.....	26
7.2.ZPRACOVÁNÍ DAT.....	27
7.2.1.Úprava snímků.....	27
7.2.2.Vizualizace stanovišť.....	28
7.2.3.Tvorba modelu.....	30
7.2.4.Export modelu.....	33
7.3.VIZUALIZACE MODELU.....	33
7.3.1.Google Earth.....	33
7.3.2.3D Ortofotomapa Moravskoslezského kraje.....	34
8.VÝHODY A NEVÝHODY NAVRŽENÉ METODY.....	35
8.1.VÝHODY NAVRŽENÉ METODY.....	35
8.2.NEVÝHODY NAVRŽENÉ METODY.....	36
9.POROVNÁNÍ S JINÝMI METODAMI.....	36
9.1.LASERSCANNING.....	36
9.2.CAD MODELOVÁNÍ.....	37
9.3.DVOUSNÍMKOVÁ FOTOGRAMMETRIE.....	38
10.METODIKA PRO TVORBU 3D MODELŮ BUDOV.....	38
10.1.MOŽNÉ METODY MODELOVÁNÍ BUDOV.....	38
10.2.VOLBA KRITÉRIÍ METODIKY.....	39
10.2.1.Existence objektu modelování.....	39
10.2.2.Potřeba rychlého zpracování.....	39
10.2.3.Informace o rozměrech objektu.....	39
10.2.4.Prostorová členitost.....	39
10.3.POPIS METODIKY.....	39
10.3.1.CAD modelování.....	40
10.3.2.Laserscanning.....	40
10.3.3.Průseková fotogrammetrie.....	41
10.3.4.Dvousnímková fotogrammetrie.....	41
11.SPOLEČNÝ PROJEKT S OSTRAVSKÝMI VÝSTAVAMI, A.S.....	41
12.VÝSLEDKY.....	41
13.ZÁVĚR.....	43
14.SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
15.SEZNAM CITACÍ.....	45
16.SEZNAM OBRÁZKŮ.....	46

<u>17.SEZNAM TABULEK.....</u>	<u>46</u>
<u>18.SEZNAM PŘÍLOH.....</u>	<u>47</u>

SEZNAM ZKRATEK

tzv. takzvaný

Mpix Megapixel

1. ÚVOD

Na konci první dekády 21. století se naše životy ocitají ve střetu dvou světů. Stále častěji se pohybujeme ve virtuálním světě, který v některých případech až nebezpečně nahrazuje svět hmotný, do kterého jsme se narodili. Zvláště v posledních letech, kdy se globálně rozmáhá způsob on-line komunikace, jak osobní, tak i profesionální, můžeme sledovat vývoj tzv. „digitální generace“, která své problémy již neřeší mluvenými dialogy, ale komunikuje pomocí chatů, instant messengerů, či informačních terminálů. Pracovní výkony již nejsou hodnoceny člověkem, nýbrž inteligentními systémy, na které je mnohdy kladena vyšší váha při rozhodování, než na lidský faktor. Poledníkem spojující tyto dva póly jsou modely, které představují bránu do světa virtuální reality. Mohou popisovat vlastnosti objektu, který je hmatatelný v reálném světě. Mohou také sloužit jako vzory pro ještě nevytvořenou věc, jakýsi soubor idejí potřebný pro konstrukci námi navrhovaného předmětu.

Svět modelů a idejí, tedy svět složený z jiných, nežli fyzických složek bytí, nás obklopuje již odnepaměti. Mám-li uvážít, v jaké epoše člověk vytvořil první modely, musím konstatovat, že první pravěké kresby, které pomohly k popisu běžných životních situací, např. lovu, byly náznakem a prakolébku složitých postupů ve vytváření předloh ve všech odvětvích naší činnosti. Jako nadčasové se také jeví Platónovo Podobenství o jeskyni z rozsáhlého díla Ústava, ve kterém formou dialogů dospívají jeho účastníci k názoru, že existuje svět reálný a svět představ, a že je těžké rozeznávat pravdu od nepravdy v těchto dimenzích. Na tyto myšlenky pak autor plynule navazuje v tzv. Teorii idejí, kdy v každém hmotném uchopení jakéhokoli předmětu nalézá něco navíc, pravou skutečnost, podstatu věci, která je uložena ve svém speciálním světě. Na příkladu tak rozeznává konkrétní strom od jeho idey, která je platná pro všechny stromy v jsoucnu. Aniž by to věděl, položil tím základní kámen k dnes celosvětově hojně využívanému objektovému myšlení a modelování, které na této myšlence stojí téměř dva a půl tisíce let po jeho smrti.

Modely však nejsou vždy synonymem něčeho nehmotného. Existují přeci i fyzikální modely, které slouží ke stejnému účelu, jako chystaný projekt, jejichž vývoj je mnohdy cenově dražší, než-li finální produkt. Proto je třeba uvést na pravou míru, že se

v následující práci budu zabývat pouze modelováním počítačovým, konkrétně vizualizací objektu, který přijde na svět metodou založenou na digitální průsekové fotogrammetrii. Po dobu přípravy a realizace samotného modelování se tedy budu snažit co nejpřísněji rozeznat jsoucnost od ideje a se svobodným pocitem bez jakéhokoli systému na podporu rozhodování vybuduji most mezi těmito dvěma na první pohled vzdálenými břehy řeky formou 3D modelu Slezskostravského hradu, což bude nelehkým, avšak tvůrčím a přínosným úkolem pro autora této diplomové práce, typického představitele „digitální generace.“

2. CÍLE PRÁCE A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Hlavním cílem práce je vytvoření 3D modelu komplexu Slezskostravského hradu. Existuje mnoho způsobů, jak tento model vytvořit. V následujících kapitolách osvětlím možné metody tvorby, poté vyberu v souladu se zadáním práce tu nejvhodnější a výstupem by měl být samotný model, který bude reprezentovat Moravskoslezský kraj nejen na 3D modelu ortofotomapy, ale i v celosvětově používané aplikaci Google Earth. Na základě zkušeností získaných z tvorby také sepíšu metodiku nejlepšího možného postupu při vytváření 3D modelů budov.

V současné době neexistuje 3D model Slezskostravského hradu v kvalitě, která by mohla být považována za reprezentativní. Pouhou nutností bych mohl nazvat současnou vizualizaci tohoto objektu na 3D modelu ortofotomapy Moravskoslezského kraje, která je velmi nepřesná a je spíše symbolickým gestem tvůrců tohoto rozsáhlého díla. Dle mého názoru si však tato významná kulturní památka na území Statutárního města Ostravy zaslouží nejen svou reprezentaci na mapě, ale i propagaci v oblasti cestovního ruchu našeho města.

Co se metodiky týče, nebudu hledat žádný „zaručený postup“ při tvorbě prostorových modelů budov, jistě existuje mnoho příkladů využití těchto děl, při kterém tvůrce ocení kvalitu různých programových prostředků. V našem případě se budu věnovat účelu vizualizace, tedy prezentace prvku pro účely oblasti turismu.

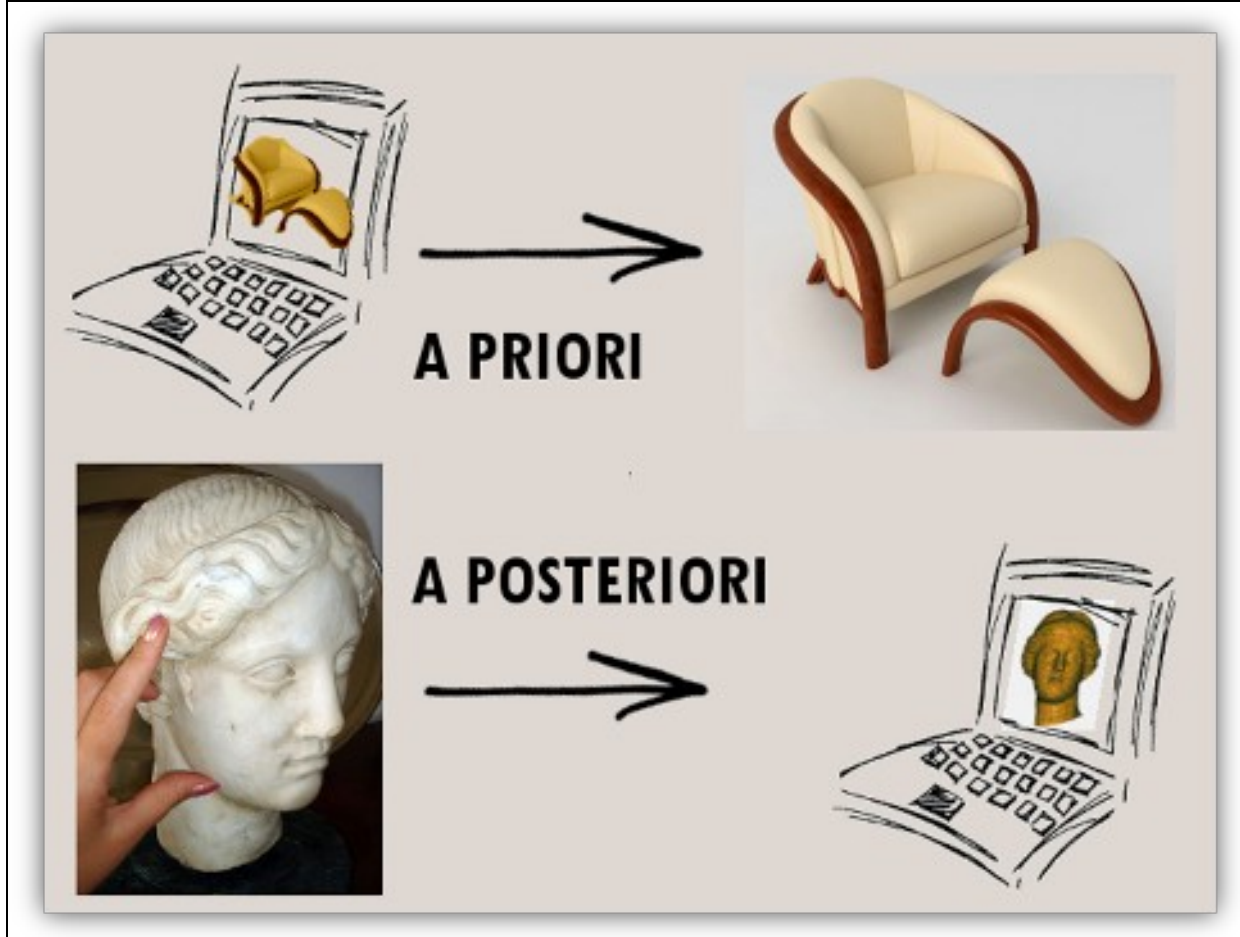
Samozřejmě, že v této oblasti tvorby jsou nezbytným kritériem pro dokončení takovýchto projektů finanční možnosti orgánů, tvořících poptávku pro konstruktéry. Budu proto brát v úvahu i ceny jednotlivých programových prostředků.



Obrázek 1: Současný model Slezskostravského hradu na 3D ortofotomapě Moravskoslezského kraje

3. VÝBĚR METODY

Jak už jsem naznačil v úvodu, metod pro zdárné dokončení této práce je nespočet. V této kapitole nalezneme základní charakteristiky jednotlivých metod tvorby 3D modelů. Nejprve bych však rád osvětlil rozdělení této kapitoly na „a priori“ modelování a „a posteriori“ modelování. Je totiž důležité si uvědomit, zda-li modelujeme událost, která již v hmotném světě nastala, či nikoli. „A priori“ modelování popisuje proces, kdy vytváříme model na základě zatím nerealizované předlohy. Příkladem může být práce animátora či návrháře nábytku, který ve svých idejích podá základy postavy, kterou dále modeluje až do finální podoby. Naproti tomu „a posteriori“ modelování je založeno na vymodelování již existujícího objektu. V tomto případě můžeme dát za příklad model již existující sochy, kterou na základě získaných dat můžeme vizualizovat a poznatky z modelování použít např. pro její restauraci. „A priori“ zpravidla modeluje objekt, který není stvořen v reálném světě (a mnohdy ani nebude, produkty takového způsobu modelování většinou končí na plátcích kin, či jako vizualizace na monitorech počítačů a televizí), „a posteriori“ modelování má většinou svou předlohu v reálném světě. Pro názornost uvádím následující obrázek.



Obrázek 2: „A priori“ a „a posteriori“ modelování

3.1. Modelování na bázi vektorového vnímání konstrukce

Následující metody jsou často používány s pomocí typu modelování „a priori.“ Nevyužívají rastrových podkladů pro tvorbu předloh.

3.1.1. Polygonální modelování

Bodové prvky v trojrozměrném prostoru, nazývané uzly, jsou spojeny liniovými segmenty, tvořící dohromady spleť polygonů. Tento způsob modelování můžeme například sledovat v 3DS Max. Většina modelů je tvořena v dnešní době právě pomocí polygonálního modelování s texturami, protože jsou vysoce flexibilní a rychle připraveny k výstupu (renderování). Nevýhodou je, že polygony jsou planárními útvary, nikdy nezaručí hladký průběh křivky, pouze mohou zabezpečit určitou míru kvality jejich vykreslení. Velkou skupinou programů, které využívají této metody modelování, jsou CAD programy. CAD, neboli Computer Aided Design, v překladu „počítačová podpora konstruování,“ jsou programové aplikace, které slouží pro tvorbu modelů na základě jejich geometrie a jejich následné editace. CAD systémy se používají hlavně na místech, kdy je potřeba výkresové dokumentace a možnost tvorby prostorových modelů navrhovaných výrobků a součástí. Dnešní CAD systémy jsou založeny na principu interakční počítačové

grafiky. Komunikace s programem je zajištěna pomocí jak grafických, tak i přímých příkazů z klávesnice. Mezi nejznámější a nejčastěji používané programy patří Microstation firmy Bentley, či AutoCAD firmy Autodesk. Existuje také celá řada freeware programů.

3.1.2. Modelování NURBS

Povrchy jsou v tomto případě definovány splinovými křivkami, které jsou ovlivňovány váženými kontrolními body. Pokud zvýšíme váhu jednotlivých bodů, křivka se automaticky k těmto bodům přibližuje. NURBS (Neuniformní racionální B-spline křivky) je matematický popis, který dokáže přesně definovat jakýkoliv tvar počínaje jednoduchou čarou, kružnicí, obloukem nebo kvádrem až po nejsložitější organické plochy a tělesa. Díky své pružnosti a přesnosti můžeme použít NURBS modely v jakémkoliv procesu od ilustrace a animace přes design až po sériovou výrobu. Povrchy vygenerované touto metodou jsou plynulé, neaproximované, nesegmentované na menší plošky. Pokud jde o software využívající tuto metodu, můžeme zmínit profesionální program Maya, který je hojně využíván v oblasti televize a filmu.

3.1.3. Modelování z křivek a plátů

Podobně jako v případě NURBS modelování, i tato metoda je založena na křivkách, které definují povrch. Pláty můžeme definovat jako speciální případy polygonů. Tato metoda se používá výhradně při tvorbě animovaných filmů, kde se formují jednotlivé pohyby postav.

3.1.4. Modelování na bázi využívání primitivních prvků

Tato procedura staví primitivní objekty jako koule, válec, kužel, či kvádry jako základní prvky pro tvorbu komplexních modelů. Výhodou je hlavně rychlá a snadná konstrukce a také to, že jsou všechny stavební prvky přesně matematicky popsány, tím pádem je jazyk definice předem přesně dán. Modelování na bázi využívání primitivních prvků je spíše určeno pro technické aplikace, než pro základní modelování tvarů.

3.2. Modelování na bázi tvorby konstrukce z rastrů

I přesto, že ve finální fázi bývají modely z této skupiny programů založeny na metodách uvedených v kapitole 3.1., hlavním rozdílem je přístup k jejich modelování. Jako

podklady nám poslouží fotografické snímky, či data pořízená ze speciálních zařízení, například laseru. Je zřejmé, že na tento typ modelů lze jen zřídka uplatnit teorii „a priori.“

Programy určené pro modelování na bázi konstrukce z rastru jsou fotogrammetrické systémy určené k bezdotykovému 2D a 3D měření. Jsou založeny na principech metody průsekové fotogrammetrie. Umožňují získat mnoho údajů ze snímků daného objektu během krátké doby. Kombinují snímky a umístění bodů ve třírozměrném prostoru. Výsledkem je 3D model, který může být exportován do jiných grafických programů. Jako zástupce bych mohl jmenovat program Photomodeler a Photomodeler Scanner od společnosti EOS a ImageModeler od společnosti Autodesk.

4. PROBLEMATIKA DIGITÁLNÍ PRŮSEKOVÉ FOTOGRAMMETRIE

4.1.Kompendium teorie

Pod pojmem fotogrammetrie se skrývá věda, způsob a technologie, která se zabývá získáváním využitelných měření, map, digitálních modelů a dalších produktů, které lze získat z fotografického záznamu. Umožňuje nám úplný objektivní popis rovinných i trojrozměrných povrchů v grafické i numerické podobě. Počátky fotogrammetrie sahají do poloviny 19. století, kdy byl poprvé použit fotografický snímek pro měřické účely. Rozmach výpočetní techniky umožnil podstatně složitější zpracování snímků, založené na propracovaných matematických principech a zároveň zpracování výrazně urychlil. Tím fotogrammetrie našla uplatnění nejen v oboru geodézie a kartografie, ale i v jiných oblastech lidské činnosti. Běžně je dnes této metody sběru dat využíváno ve stavebnictví, zemědělství, strojírenství, medicíně, antropologii, archeologii a při dokumentaci historických objektů. Od jiných měřických metod se fotogrammetrie liší hlavně tím, že sběr a měření informací se neprovádí na samotném předmětu měření, ale na měřických snímcích. Její použití tedy nevyžaduje fyzický kontakt se zkoumaným objektem.

Pro naše účely můžeme zjednodušeně fotogrammetrii rozdělit (podle počtu pořizovaných snímků) na tři základní techniky:

- *jednosnímková (rovinná)* – nejjednodušší technika, která se využívá pro vyhodnocení dvojrozměrných (rovinných) objektů.
- *dvousnímková (stereofotogrammetrie)* – využitelná při dokumentaci trojrozměrného objektu. Metoda spočívá ve vyvolání umělého

stereoskopického vjemu. Toho se docílí pomocí speciálních zobrazovacích technik (anaglyfy, zrcadlový stereoskop, polarizační brýle apod.). Při stereovyhodnocení je možné měřit i na hladkých plochách, na kterých nelze jednoznačně identifikovat polohu měřeného bodu.

- *průřeková fotogrammetrie* – využitelná při dokumentaci trojrozměrného objektu. Tato metoda je výhodná při vyhodnocování objektů, které jsou hodně prostorově členité a vychází z principu určování bodů na několika snímcích. Předmět zájmu je třeba snímat z několika úhlů.

Při pořizování snímků je potřeba dodržovat několik fotografických pravidel. Jejich dodržením máme možnost výrazně ovlivnit kvalitu budoucího vyhodnocení a usnadníme také provedení fotogrammetrických výpočtů. V první řadě musíme zajistit neměnnou vnitřní geometrii kamery (tzn. nepoužívat zoom, neposunovat optiku u tzv. shift objektivů). Dále je třeba zachovat i geometrické parametry samotného snímku (to znamená zachovat původní formát – neořezávat ani nijak neupravovat film či digitální snímek). V neposlední řadě je třeba zajistit vhodné podmínky při snímkování (tzn. fotografovat za optimálních podmínek s vhodným rozlišením digitálních snímků).

Na povrchu dokumentovaného objektu je třeba vytvořit síť několika bodů (jejich počet volíme podle použité metody dokumentace, členitosti objektu a použitého přístrojového vybavení), pomocí kterých bude zkoumaný objekt usazen do souřadnicového systému.

„S rozvojem digitální snímací techniky se začalo prosazovat použití i neměřických snímacích zařízení, jako například běžné digitální fotoaparáty nebo videokamery, které jsou dodatečně kalibrovány pro tyto účely. Z hlediska vlastní konstrukce takovýchto zařízení se používá jednodušší kalibrace pomocí bodového pole a výpočtu koeficientů distorze, které lze zavádět do výpočtu při podrobném měření. Ke zpracování lze používat uživatelsky propracované programy a výsledky exportovat i do formátu VRML s plně automaticky generovanými texturami.“ [1]

4.2. Možnost využití metody průsekové fotogrammetrie

Metodu průsekové fotogrammetrie dále rozšiřují další, cenově náročnější postupy využívající speciální technologie. Jedná se o metodu 3D skenování, kterou můžeme rozdělit na dvě části dle typu používaného zařízení.

4.2.1. Optické 3D skenování

Oproti samotné průsekové fotogrammetrii využívají speciálních automatizovaných postupů. Optické 3D skenování je výbornou technikou pro tvorbu modelů menších velikostí, řádově několika metrů. Na jednotlivých snímcích jsou automaticky nalezeny shodné body objektu pomocí statistické korelace. Takto můžeme zjistit prostorovou polohu každého bodu. Mračno bodů, které může skýtat až několik set tisíc bodů, je pořizováno určitým, předem definovaném rozestupu. To dále tvoří trojúhelníkovou síť a dle přání i možnost skenování reálné textury povrchu objektu.



Obrázek 3: Optický 3D skener

4.2.2.Laserové 3D skenování

Filosofie laserového 3D skenování se od optického 3D skenování liší. Již konstrukce je diametrálně odlišná. Směrem k objektu, jehož prostorové vymezení jsme předem definovali, jsou vysílány krátké impulzy laserového světla.

„Měření je prováděno na základě vyhodnocení vlastností odrazu vyslaného laserového paprsku. U každého vyslaného paprsku se určuje transitní čas, směr vyslání a množství odraženého světla. Moderní skenery jsou schopny změřit více jak 10 000 bodů za sekundu.“ [1]

Většina skenovacích systémů využívá nejmodernější pulsní laserovou technologii pro měření délek a určuje polohu bodů prostorovou polární metodou. Již po prvním skenování je možnost získání prostorového modelu. Pokud zhotovíme větší množství skenů, stejně jako u optického 3D skenování lze pro spojení jednotlivých snímků použít prostorovou korelační analýzu. Výhodou je, že při zpracování skenu není potřeba žádného nástroje pro měření. Laserový skener je součástí 3D laserového skenovacího systému, který umožňuje převést vybraný reálný objekt do podoby počítačového virtuálního modelu CAD (computer-aided design). Mimo skener tento systém obsahuje další prvky, jak software pro řízení (ovládání) a zpracování (modelování), příslušenství (stativ, baterie atd.).



Obrázek 4: Laserový 3D skener

5. NÁVRH POSTUPU ŘEŠENÍ

5.1.Sběr dat

První část práce se bude týkat pořízení snímků k provedení 3D modelu. Jelikož se jedná o metodu průsekové fotogrammetrie, není třeba používat fotoaparát, který disponuje velkým počtem funkcí. Základem je kvalitní optika. Pro informaci bych doporučil zaznamenat GPS polohu každého stanoviště focení, kvůli lepší orientaci.

5.1.1.Určení stanovišť pro pořizování snímků

Existují dvě kritéria pro určení optimálních stanovišť pro pořizování jednotlivých snímků.

- Bezpečnostní
- Profesionální

5.2.Zpracování dat

5.2.1.Úprava snímků

Takto pořízené fotografie mohou projít základní úpravou v grafickém programu, hlavním důvodem je zajištění barevné vyváženosti.

5.2.2.Vizualizace stanovišť

Zaznamenané polohy jednotlivých stanovišť focení je třeba vizualizovat jak pro potřebu konstruktéra, tak pro potřebu zájemce o prohlédnutí si snímků, které byly použity pro tvorbu modelu.

5.2.3.Tvorba modelu

Zásadní a časově nejnáročnější částí celé práce je tvorba modelu, kterou dále rozdělím na samotné modelování a finální úpravy. S ohledem na zadání práce je jasné, že modelování bude provedeno v programu na bázi tvorby konstrukce z rastrů. Avšak pro finální úpravy, jako je texturování, srovnání nepřesností, linií atd. bych doporučoval jiný typ programu, nejlépe CAD systému.



5.2.4.Export modelu

Export do výstupních formátů by měl zařídit program, který je flexibilní v tom ohledu, že dokáže pracovat s mnohými typy formátů pro námi potřebné vizualizace v různých aplikacích.

5.3.Vizualizace modelu

Primární vizualizace proběhne v prostředí 3D modelu ortofotomapy Moravskoslezského kraje, což je projekt spolufinancován Evropskou unií a Moravskoslezským krajem.

„Záměrem projektu je vybudovat prezentační aplikaci, která bude sloužit k propagaci turistického potenciálu celého kraje. Uživatelé je prostřednictvím Internetu umožněn virtuální interaktivní průlet nad digitálním modelem terénu Moravskoslezského kraje pokrytým ortofotomapou. Tato prezentace je účelově zaměřena na propagaci cyklotras, podporu lázeňství, propagaci vybraných lokalit a turisticky atraktivních míst (muzeí, kulturních památek, turistických center apod.).“ [2]

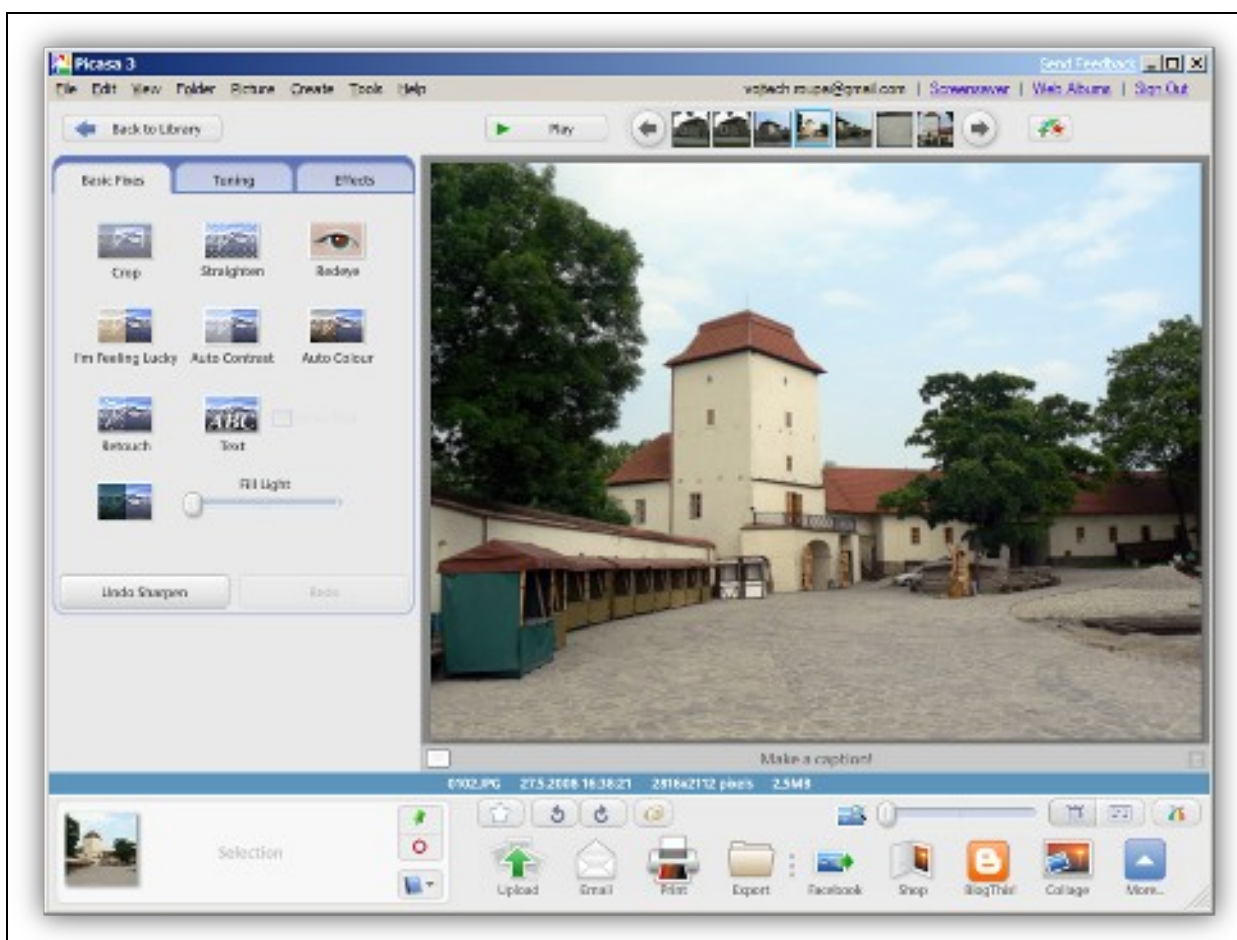
Dalším výstupem bude export do celosvětově rozšířené aplikace Google Earth, která v posledních letech zaznamenala obrovský vývoj. Model tak bude přístupný široké veřejnosti a volně dosažitelný k dalším úpravám, které napomůžou dalšímu rozvoji. Rozšířenost aplikace tak i může napomoci propagaci objektu, města Ostravy a Moravskoslezského kraje jako celku.

Obrázek 5: Návrh postupu práce

6. VÝBĚR SOFTWARE

6.1. Google Picasa

Tento program jsem si vybral pro základní úpravu pořízených fotografií, jelikož je zdarma, instaluje se velmi snadno a je použitelný nejen jako editor rastrů, ale i jako nástroj pro import, skladování a prezentaci snímků.



Obrázek 6: Prostředí programu Picasa

6.2. Open JUMP

OpenJUMP je vektorově orientovaný multiplatformní opensource GIS. Program je napsaný v jazyce Java, a proto by měl běžet v kterémkoliv operačním systému. Nejde o pouhou prohlížečku map, ale o plně vybavený desktop GIS s podporou editace, ukládání, analýzy atd. Program jsem si vybral pro znázornění schématu rozmístění stanovišť focení jednotlivých snímků.

6.3. Photomodeler pro 5

„Photomodeler je program, který dokáže z fotografií vytvářet 3D modely. Slouží na modelování a měření objektů reálného světa pomocí metody průsekové fotogrammetrie. Uplatní se v různých oblastech od animace, architektury, rekonstrukcí nehod až po archeologii, strojírenství a výrobu map. Animátoři ho používají k vytváření objektů z reálných fotografií. Photomodeler vyrábí nejen 3D modely, ale dokáže z fotografií vytvořit realistické textury modelu.“ [3]

Program jsem si vybral jednak proto, že lite verze, která je k dispozici zdarma, je dostatečnou pro vytváření složitých modelů. Profesionální verze, pomocí které navíc umožní export do mnoha formátů, disponuje naše univerzita.

6.4. Google SketchUp

Tento program stojí za povšimnutí. Můžeme jej teoreticky zařadit mezi CAD systémy, avšak svou odlišnou filosofií, kdy pro samotnou tvorbu používáme skicování tužkou, nemá u svých konkurentů obdoby. Původním záměrem SketchUpu bylo poskytnout nástroj zaměřený na vytváření koncepční fáze designu. Postupně se, díky jeho schopnosti nejen skicovat, ale i podrobně zpracovat požadovaný detail, ukázaly možnosti širokého využití v rozličných oborech.

Tento program bych doporučoval spíše pro tvorbu návrhu a pro design, standardní CAD programy jsou nutností pro detailní výkresy. V mé práci bych tento program rád použil pro úpravy výsledného modelu, srovnání některých nepřesností týkající se rovnoběžnosti linií, nadmořské výšky, stejně tak, jako úpravy textur.

6.5. Google Earth

Jak už bylo zmíněno výše, aplikaci Earth od světového gigantu, firmy Google, není třeba představovat. Aplikace umožní přeletět na libovolné místo na Zemi, zobrazit satelitní snímky, mapy, terén, prostorové budovy, galaxie ve vnějším vesmíru i oceánské příkopy na mořském dně. Jejím prostřednictvím je možno zkoumat podrobný zeměpisný obsah, ukládat navštívená místa a sdílet je s ostatními. Google Earth je vynikající nástroj pro výzkum, prezentace a spolupráci s využitím geografických informací.

6.6.3D ortofotomapa Moravskoslezského kraje

Celý model je postaven na systému společnosti Skyline, využívající čtečku Terra Explorer. Pomocí tohoto programu lze velmi jednoduše vkládat a editovat objekty, připojovat poznámky a publikovat přirozeně vypadající interaktivní 3D prostředí. Uživatelé umožňuje vymodelovat různé objekty, které jsou vzhledem k terénu georeferencované. Jedná se např. o významné budovy, informační a kulturní centra a další objekty a informace, které jsou v požadavcích na konečnou vizualizaci. Toto programové prostředí je velmi silné pro vytváření 3D modelů, v diplomové práci však poslouží jako rozhraní pro import mého produktu do již vytvořeného 3D modelu ortofotomapy Moravskoslezského kraje. Technické podrobnosti jsou vypsány v následující tabulce:

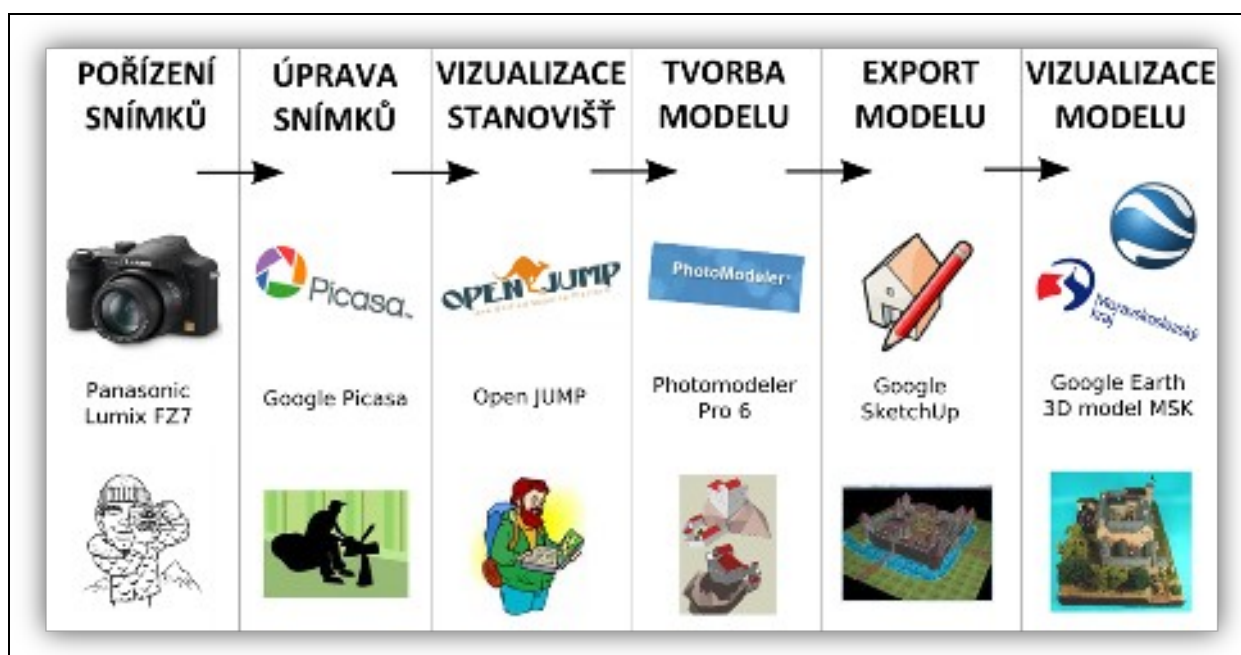
Použitá základní vstupní data pro vytvoření 3D modelu ortofotomapy Moravskoslezského kraje:	
<i>Název a firma:</i>	<i>Rozlišení, rozsah:</i>
Ortofotomapa 2006 © GEODIS BRNO, spol. s r. o.	(0,2 m/pixel; územní rozsah Moravskoslezský kraj)
Ortofotomapa 2007 © GEODIS BRNO, spol. s r. o.	(0,1 m/pixel; územní rozsah historická centra měst Příbor, Štramberk, Nový Jičín)
Digitální model terénu © GEODIS BRNO, spol. s r. o.	(GRID - síť bodů 10×10 metrů)

Použitá tématická vstupní data pro vizualizaci ve 3D modelu ortofotomapy Moravskoslezského kraje:	
<i>Název a firma:</i>	
Podkladová data (ZABAGED®, Správní hranice) © ČÚZK	
Data © Moravskoslezský kraj	

Tabulka 1: Podrobnosti ohledně obsažených dat na 3D ortofotomapě Moravskoslezského kraje

7. POPIS POSTUPU ŘEŠENÍ

Jelikož již máme veškeré teoretické poznatky, můžeme přistoupit k samotnému popisu postupu řešení práce. V této části bych chtěl podotknout, že cílem popisu postupu řešení není podrobný návod k sestavení konkrétního modelu, avšak jen základní informace, které vyplynuly v průběhu práce. Prohlubování a rozšiřování informací by vedlo k možné nechtěné interpretaci jednotlivých manuálů programů, které jsem použil, což v žádném případě není cílem mé práce.



Obrázek 7: Popis postupu řešení práce

7.1.Sběr dat

Pro potřebu získání kompletní informace ohledně tvarů a textur modelovaného objektu jsem využil 47 snímků formátu JPG v kvalitě 6 Mpix, které jsem pořídil dne 27.5. 2008. Snímky byly pořízeny fotoaparátem značky Panasonic Lumix FZ7 na celkem 23 stanovištích, jejichž polohy byly zaměřeny pomocí GPS přijímače Etrex Vista Cx značky Garmin.

Panasonic Lumix FZ7	
<i>Typ</i>	EVF
<i>Výrobce</i>	Panasonic
<i>Rozlišení:</i>	6.00 MP
<i>Uvedení na trh:</i>	3.06
<i>Typ snímacího prvku</i>	CCD
<i>Úhlopříčka snímacího prvku</i>	1/2,5"
<i>Citlivost snímacího prvku ekv. ISO</i>	auto; 80; 100; 200; 400; 800; 1600
<i>Max. rozlišení:</i>	2816 x 2112 bodů
<i>Max. rozlišení videoobrazu:</i>	848 x 480 bodů
<i>Komprimovaný formát</i>	JPEG (EXIF 2.2)
<i>Nekomprimovaný formát</i>	TIFF 16bit.
<i>Formát videa</i>	MOV
<i>Formát zvuku</i>	WAV
<i>Typ objektivu</i>	AF / optický zoom
<i>Rozsah zoomu</i>	12x
<i>Minimální ohnisko</i>	36 mm
<i>Maximální ohnisko</i>	432 mm
<i>Možnost předsádky</i>	55mm závit s nástavcem
<i>Digitální zoom</i>	ano, plynule proměnlivý
<i>Rozsah digitálního zoomu</i>	4x
<i>Světelnost objektivu</i>	F/2,8 - 3,3
<i>Clonový rozsah objektivu:</i>	F2,8 - F8
<i>Expoziční rozsah:</i>	1/2000s - 60s
<i>Kompenzace expozice</i>	+/- 2EV po 1/3EV
<i>Zámek expozice a zaostření (AE/AF lock)</i>	ne, ano
<i>Typ autofokusu</i>	pasivní s přisvícením
<i>Režimy ostření</i>	automatické; kontinuální AF; manuální
<i>Min. vzdálenost pro ostření</i>	30 cm

<i>Min. vzdálenost pro makro</i>	5 cm
<i>Automatický expoziční režim</i>	ano
<i>Expoziční režim priorita času</i>	ano
<i>Expoziční režim priorita clony</i>	ano
<i>Manuální expoziční režim</i>	ano
<i>Kreativní expoziční režimy</i>	10
<i>Sekvenční snímání</i>	3 sním./s max. 13 snímků (JPEG Standard)
<i>Způsoby měření expozice</i>	bodové; průměrové; zonální
<i>Speciální funkce</i>	optická stabilizace
<i>Hledáček</i>	mikroLCD 114 000 bodů
<i>LCD displej</i>	6,3 cm (2,5") TFT
<i>Stavový displej</i>	ne
<i>Paměťové médium</i>	SD/MMC
<i>Komunikační rozhraní</i>	USB 1.1
<i>Video výstup (TV)</i>	ano - PAL/NTCS
<i>Mikrofon</i>	ano
<i>Vestavěný blesk</i>	ano
<i>Režimy vestavěného blesku</i>	5 režimů
<i>Rozsah záblesku</i>	0,3 - 6m(W), 0,3 - 5,4m(T)
<i>Kompenzace záblesku</i>	ano
<i>Připojení externího blesku</i>	ne
<i>Definice bílé barvy</i>	automatická; 4 předef. režimy; ; manuální měření
<i>Samospoušť</i>	ano
<i>Zvětšení náhledu snímku</i>	16x
<i>Materiál těla</i>	plast
<i>Napájení</i>	speciální akumulátor Li-Ion
<i>Stativový závit</i>	ano
<i>Rozměry (š x h x v):</i>	113 mm x 79 mm x 72 mm
<i>Hmotnost</i>	310 gramů
<i>Histogram</i>	Živý histogram
<i>Systém autofokusu</i>	pasivní 9 bodový
<i>Stabilizace obrazu</i>	Mega O.I.S
<i>Rozlišení LCD</i>	114.000
<i>Typ procesoru</i>	VENUS ENGINE II
<i>Dioptrická korekce obrazu</i>	ano

Tabulka 2: Technické parametry fotoaparátu Panasonic Lumix FZ7

7.1.1.Určení stanovišť pro pořizování snímků

Bezpečnostní kritérium pro určování stanovišť jsem bral v úvahu v případech, kdy bylo potřeba nasnímkovat objekt v těžce přístupných místech, přesněji řečeno v místech toku řeky Lučiny. Z profesionálního hlediska proběhl výběr stanovišť dle úvahy autora práce, a to na základě následujících kritérií:

- Možnost pořízení většího počtu relevantních snímků z jednoho stanoviště
- Důraz na texturu pořízeného snímku
- Důraz na kompletní informaci o snímkovaném objektu



Obrázek 8: Snímky použity k tvorbě 3D modelu Slezskostravského hradu

7.2.Zpracování dat

7.2.1.Úprava snímků

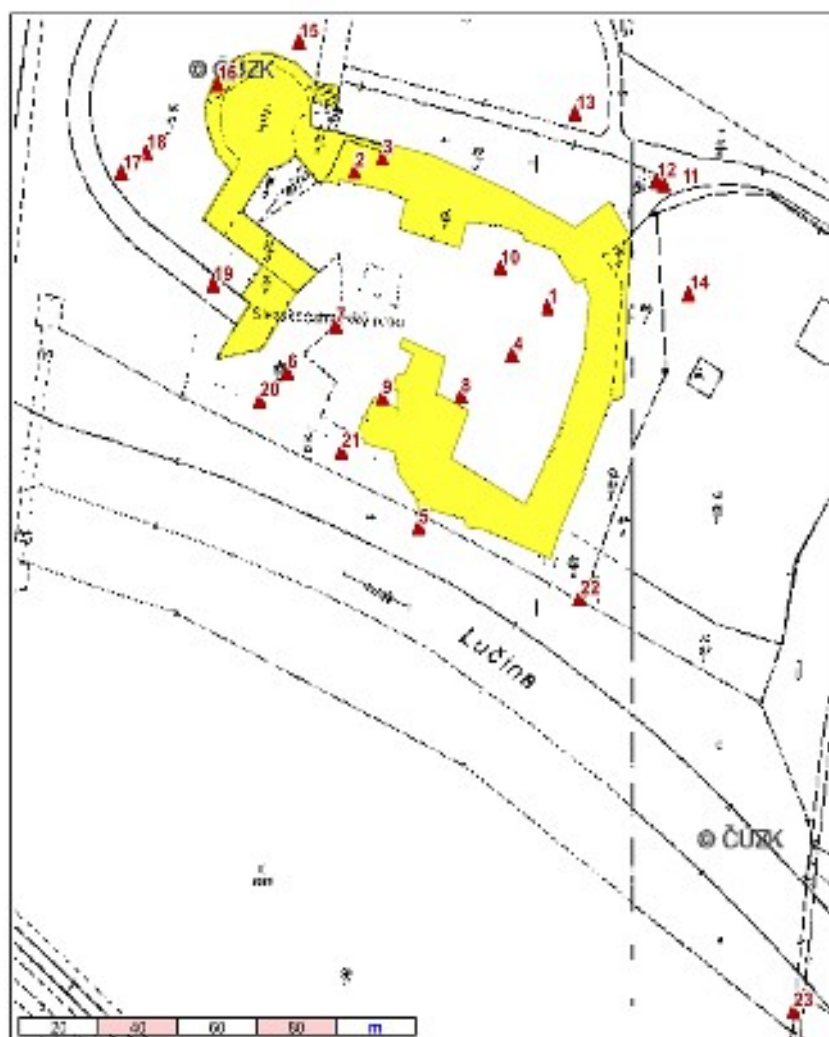
Jak už bylo napsáno výše, pořízené snímky v žádném případě nesmí podlehnout velkým grafickým úpravám, měly by zůstat surovým produktem. Jediným zásahem do barevné škály snímků, provedeným v aplikaci Google Picasa, byla hromadná úprava histogramu odstínů tak, aby ze snímků odpovídala jednotná barevná skladba.

7.2.2. Vizualizace stanovišť

Vizualizace poloh stanovišť proběhla v programovém prostředí aplikace OpenJUMP. Dle situace je zřejmé, že rozmístění, počet stanovišť a počet snímků zaznamenaných na jednotlivých stanovištích jsou základními faktory pro rozeznání složitosti stavby. Podkladová data, tedy katastrální mapu, jsem k vytvořenému schématu získal pomocí WMS služby Geoportálu ČÚZK. Následující obrázek popisuje situaci rozmístění stanovišť pro snímkování.

STANOVIŠTĚ SNÍMKOVÁNÍ

Za účelem přípravy 3D modelování Slezskoostravského hradu



- ▲ Stanoviště snímání
- Katastrální mapa
- Budova Slezskoostravského hradu

Zaznamenal: Bc. Vojtěch Rouda
Datum: 27.5. 2008
Podkladová data: WMS ČÚZK
Vytvořeno v programu OpenJUMP



Číslo stanoviště	Číslo snímku
1	1 .jpg
1	2 .jpg
1	3 .jpg
2	101 .jpg
2	102 .jpg
2	103 .jpg
3	201 .jpg
4	301 .jpg
4	302 .jpg
4	303 .jpg
4	304 .jpg
4	305 .jpg
4	306 .jpg
5	401 .jpg
6	501 .jpg
6	502 .jpg
6	503 .jpg
7	601 .jpg
8	701 .jpg
8	702 .jpg
8	703 .jpg
8	704 .jpg
8	705 .jpg
8	706 .jpg
9	801 .jpg
9	802 .jpg
10	901 .jpg
10	902 .jpg
10	903 .jpg
11	1001 .jpg
12	1101 .jpg
12	1102 .jpg
13	1201 .jpg
14	1301 .jpg
14	1302 .jpg
14	1303 .jpg
15	1401 .jpg
15	1402 .jpg
16	1501 .jpg
17	1601 .jpg
18	1701 .jpg
19	1801 .jpg
20	1901 .jpg
21	2001 .jpg
22	2101 .jpg
22	2102 .jpg
23	2201 .jpg

Obrázek 9: Schéma rozmístění stanovišť

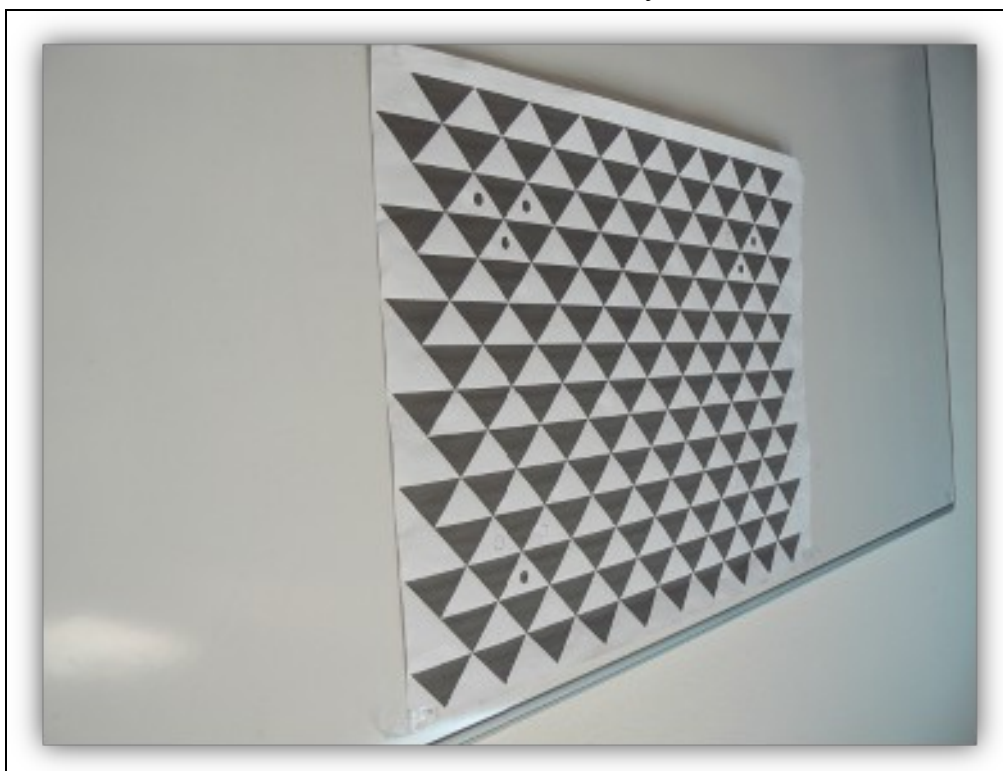
7.2.3.Tvorba modelu

Tvorba modelu je časově nejnáročnější částí celé práce. Ze získaných snímků je třeba v programu Photomodeler dosáhnout kvalitního výsledku s ohledem na nadmořskou výšku objektu, kvalitu textur a na složitost modelu. Před samotnou prací s fotografiemi je však nutná správná kalibrace fotoaparátu.

„Kalibrace je soubor úkonů, kterými se za specifikovaných podmínek stanoví vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím systémem nebo měřicím přístrojem nebo hodnotami reprezentovanými ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony (standardsy).“

V některých případech se za kalibraci považuje i adjustace výstupních hodnot měřicího systému, tak aby odpovídaly hodnotám etalonů s definovanou přesností. Na příklad kalibrací teploměru se stanoví chyba se kterou teploměr měří a adjustací (například pomocí kalibračních konstant) se teploměr nastaví tak, aby indikoval skutečnou hodnotu teploty v daném bodě.“ [4]

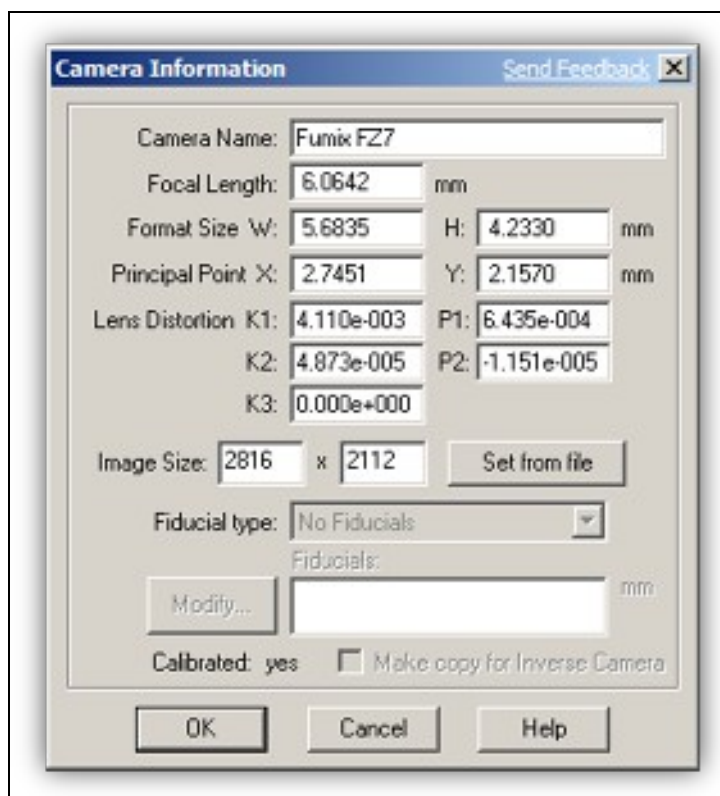
Kalibrace neměřických kamer probíhá v programu Photomodeler za pomoci snímkování kalibračního pole, což je bodové pole sestávající se ze speciálních terčů s velice přesně změřenými prostorovými souřadnicemi a následným měření ohniskové vzdálenosti na principu odměřování listu papíru standardizovaného formátu za předpokladu známé vzdálenosti od hlavního bodu kamery k listu.



Obrázek 10: Kalibrační terč

Kalibrována byla digitální kamera Panasonic Lumix FZ7 s rozlišením 6Mpix. Přístroj je vybaven CCD prvkem s maximálním rozlišením 2816 x 2112 pixelů. Tato kamera je vybavena optickým (12x) i digitálním (4x) zoomem. Zoom není vhodné při kalibraci používat, rovněž automatické zaostřování. Pro kalibraci bylo použito celkem 8 konvergentních snímků, pořízených vždy z jiného místa.

„Výrobce softwaru nabízí možnost přímého projektu kalibrace pomocí nabídky Calibration v menu. Je požadováno 8 snímků objektu se 4 vřícovacími body na každém snímku a měřeními délkami mezi jednotlivými body. (...) Vždy je nutno klást velký důraz na rovinatost plochy. Při pořizování snímků je nutno prostudovat doporučení v manuálu pro vhodné podmínky snímkování (typy zdí, velikost místnosti, osvětlení, použití blesků apod.) Náhradou tohoto postupu je snímkování dostatečně hustého bodového pole s patřičnou přesností (tzv. field calibration). Snímky kalibračních polí je možno převést do PhotoModeleru v široké škále grafických formátů (TIF, BMP, PCX, TGA, JPG atd.).“ [5]



Obrázek 11: Výsledek kalibrace fotokomory

Prvky vnitřní orientace kamery

Ohnisková vzdálenost

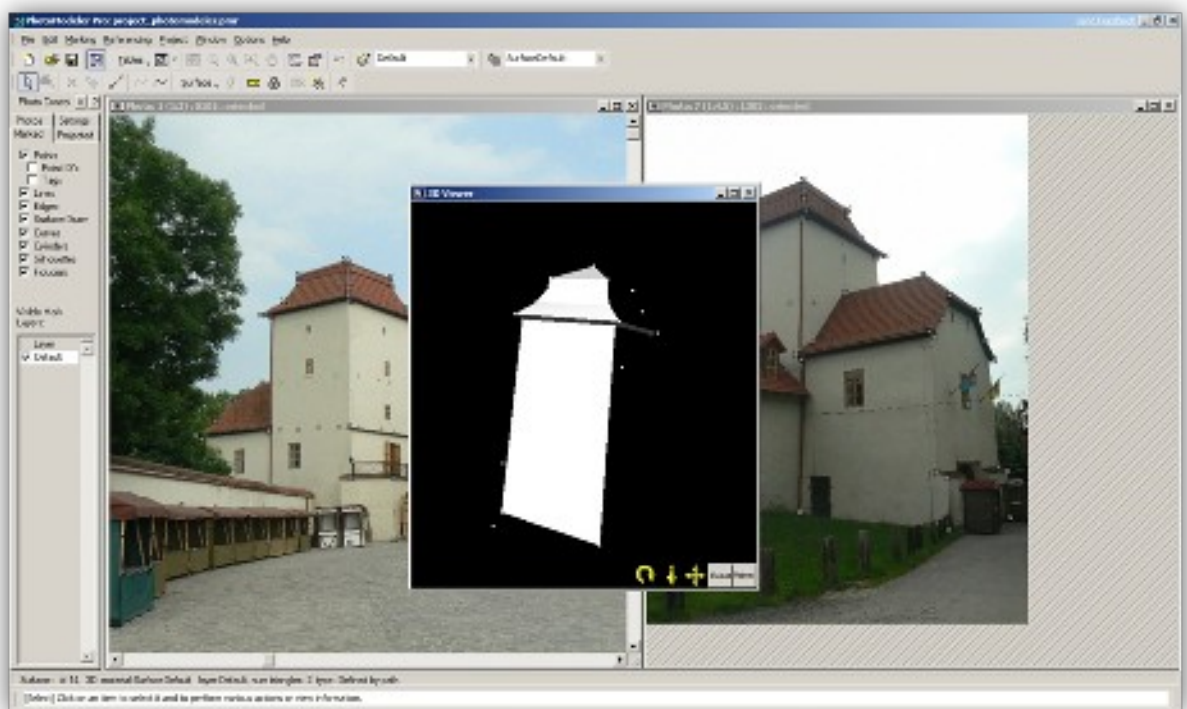
6.0642 mm

<i>Souřadnice X hlavního bodu</i>	2.7451 mm
<i>Souřadnice Y hlavního bodu</i>	2.1570 mm

Tabulka 3: Prvky vnitřní orientace kamery

Následný postup v tvorbě modelu:

- Z důvodu rozsáhlosti modelovaného objektu jsem si dovolil rozdělit celý projekt na dvě části, kdy zvláště modeluji:
 - Původní část Slezskoostravského hradu a obrannou zeď
 - Přístavbu Slezskoostravského hradu
- Vytvoření referenčních bodů na různých snímcích (celkový počet: 1049)
- Spojení linií těchto referenčních bodů (celkový počet: 821), které jsou hranicemi ploch (celkový počet: 367). Vykreslením všech úseček triangulace vznikne tzv. drátový model.
- Výběr vhodných textur v rastrovém formátu jednotlivých snímků.



Obrázek 12: Proces tvorby modelu

Tento postup, ač popisem velmi stručný, byl z časového hlediska nejnáročnějším úkonem celé práce. O výhodách a značných nevýhodách této metody modelování však pojednám ve speciální kapitole, která bude následovat dále.

7.2.4.Export modelu

Výsledné modely jsem exportoval z prostředí programu Photomodeler do Google SketchUp ve formátu *.dwg. Tento nativní formát CAD systémů jsem si vybral hned z několika důvodů:

- Zachovává geometrii prvků
- Není problém s 3D vykreslováním prvku
- Jsou v něm patrné topologické chyby na první pohled
- Je standardem pro velký počet programů

Jelikož jsem nebyl spokojen jak s vizuální stránkou podoby textur, tak i datovou rozsáhlostí celého modelu, rozhodl jsem se použít pouze drátový model. K tomuto kroku jsem dospěl v momentě dokončení veškerých úprav geometrie v příjemném prostředí programu SketchUp. Po zorientování se v programu jsem našel natolik sofistikované metody vizualizace materiálů, že jsem upustil od primární idey zobrazování reálných textur a vydal se cestou určování materiálu za pomoci právě využívaného software. Datový objem výsledného modelu se tak až stonásobně zredukoval.

Dalším důvodem upuštění od publikování pravých textur byla geometrická nepřesnost modelu, jehož oprava byla nutná, tudíž použití reálných textur by bylo jednak časově i datově náročné, a jednak neefektivní.

Součástí exportu bylo také vytvoření a zasazení elementů - detailů do modelu, jež z praktických důvodů nemohly být zahrnuty do modelu vytvořeného metodou průsekové fotogrammetrie, například stavbu amfiteátru a arény, pódia, detaily oken a vikýřů, schody, zábradlí, atd.

7.3.Vizualizace modelu

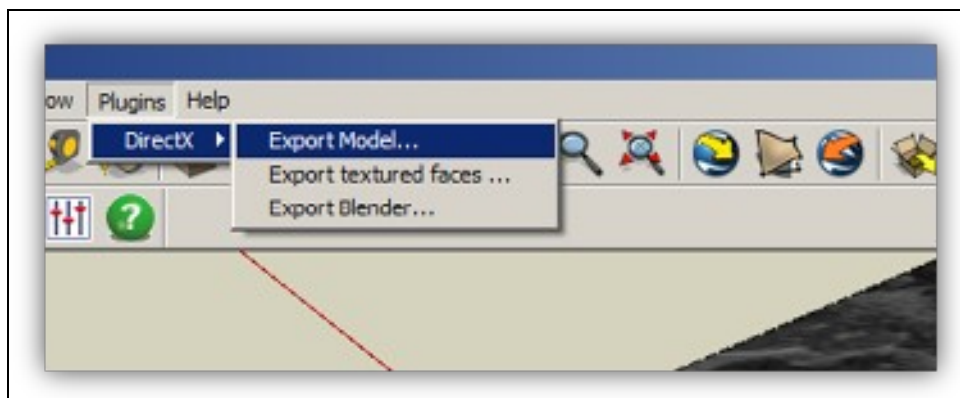
7.3.1.Google Earth

Vizualizace do prostředí aplikace Google Earth proběhla bez problémů, jelikož programy Google SketchUp a Google Earth spolupracují. Objekt byl zařazen do databáze 3D Warehouse společnosti Google a je k dispozici na následující adrese:

[http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?
mid=beacf8de17707dd91d0515a4399b3143](http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=beacf8de17707dd91d0515a4399b3143)

7.3.2.3D Ortofotomapa Moravskoslezského kraje

Vizualizace do prostředí aplikace Terra Explorer Pro společnosti Skyline proběhla úspěšně, avšak s menšími komplikacemi. Již první překážkou byla nedostupnost software, kterou jsem vyřešil návštěvou Agentury pro regionální rozvoj, která spravuje celý 3D model ortofotomapy Moravskoslezského kraje, kde mi bylo umožněno model vizualizovat. Následovala však další komplikace. Výstupní formát programu SketchUp není podporován Terra Explorerem. Ten používá nativní vstupní formát pro 3D modely DirectX, který je charakteristický příponou *.x. Záchranou, a také prvním pokusem tohoto typu v Moravskoslezském kraji bylo použití rozhraní 3D RAD Exporteru, který podporuje export většiny CADovských programů do formátu *.x. Po instalaci tohoto bezplatného pluginu se v hlavní nabídce programu SketchUp zobrazila možnost exportu do námi požadovaného formátu. Struktura formátu se od formátu *.skp liší, neboť obsahuje značkovací soubor obsahující pouze informace o liniích a geometrii modelu a dále nás odkazuje na jednotlivé rastrové textury, které jsou uloženy ve stejné složce.



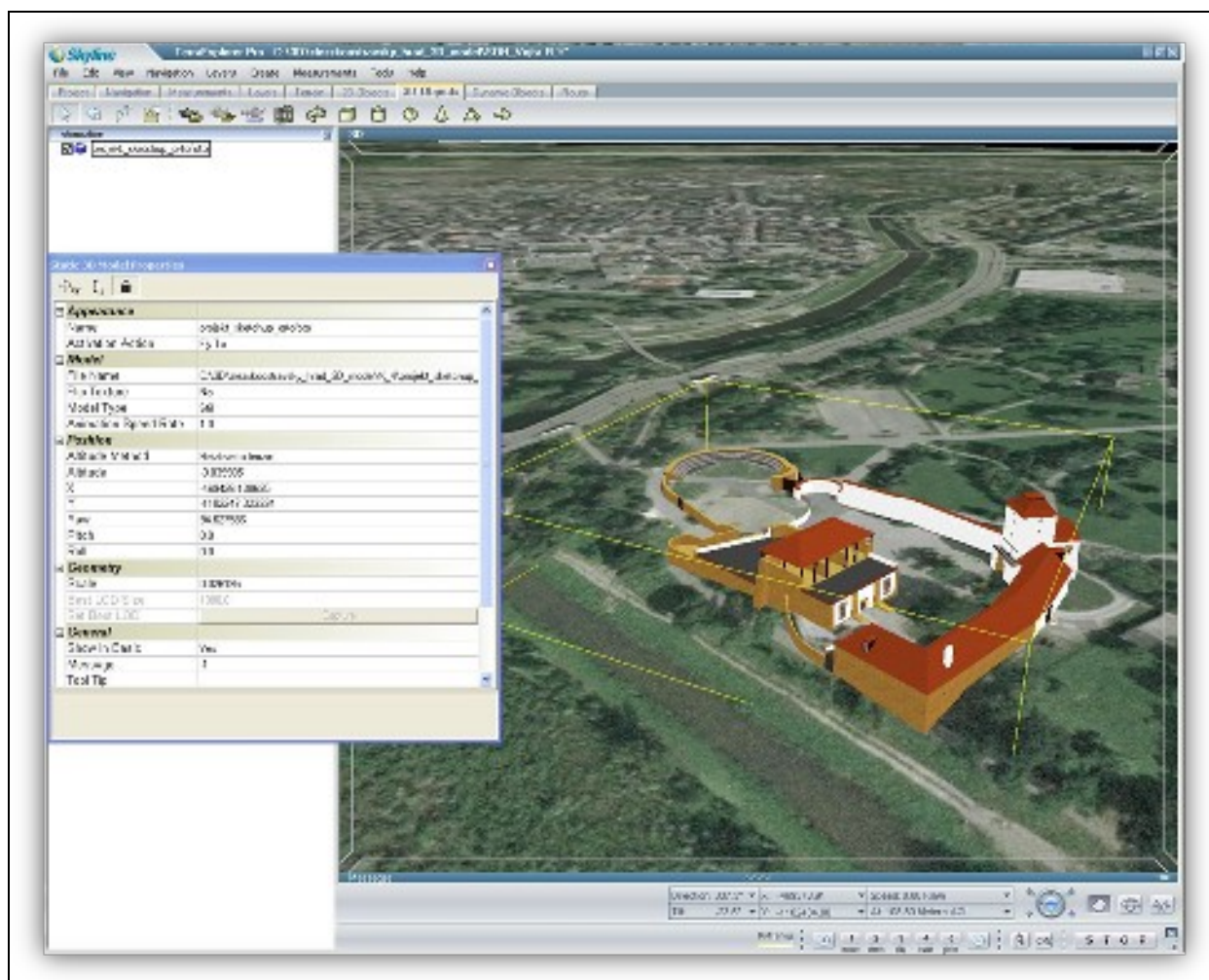
Obrázek 13: Výsledek nainstalování pluginu 3D RAD Exporter

Po všech těchto krocích jsem mohl přistoupit k vizualizaci modelu v prostředí Terra Exploreru, který mi nejdříve nabídl finální úpravy umístění modelu. Zasazení do 3D ortofotomapy nedoprovázely další problémy, interaktivní a instinktivní prostředí programu dovolovalo snadné umístění a bezproblémovou vizualizaci, která je k dispozici na následujícím odkaze.

http://verejna-sprava.kr-moravskoslezsky.cz/mapy_3d.html

8. VÝHODY A NEVÝHODY NAVRŽENÉ METODY

Protože je model již zkonstruován, rád bych na tomto místě zaznamenal pozitivní i negativní poznatky z tvorby konkrétní budovy, ke kterým jsem došel během práce, podle metody digitální průsekové fotogrammetrie.

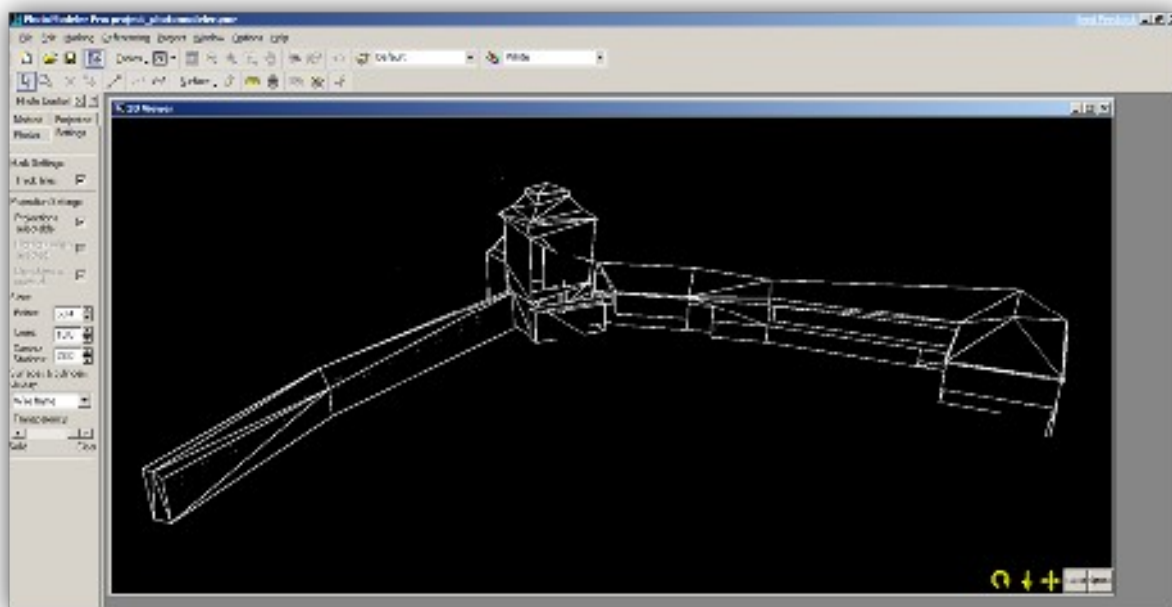


8.1. Výhody navržené metody

- Nízká cena pořízení modelu
- Není potřeba přímého měření objektu, veškeré hodnoty jsou odvozovány z polohy referenčních bodů a zasazeny do georeferencované ortofotomapy
- Možnost exportu do jiných formátů

8.2. Nevýhody navržené metody

- Zásadní chyby v geometrii linií
- Neflexibilní implementace textur a jejich složitá úprava
- Velký objem dat
- Nemožnost georeferencování do určité geografické polohy
- Potřeba dalšího software na úpravu výše uvedených nedostatků



Obrázek 15: Chyba v geometrii linií

9. POROVNÁNÍ S JINÝMI METODAMI

Pokud bych měl srovnat modelování této budovy s jinými metodami, na základě bodů z minulé kapitoly bych nejdříve shrnul, že navržená metoda 3D modelování větších objektů je spíše vhodná pro vizualizaci, než-li pro zpětné měření z modelu.

9.1. Laserscanning

Jediné úskalí této metody je cena. Bohužel, v dnešní době je stále pořizování snímků pomocí Laserscanningu finančně velmi náročné. Další věc k vytknutí je, že tato metoda vyžaduje jasné postupy v problematice sběru bodů, vyhodnocuje jejich polohu na základě algoritmů a v podstatě nemůžeme ovlivnit pozici referenčních bodů v mračnu.

Objekty jako stromy, kašny, automobily a další, které mohou stínit z určitých úhlů fasády budovy, jsou také problémem, které se musí řešit úpravou textury v grafickém programu.

Laserscanning však skýtá mnoho výhod, jako je rychlost, detail textur a relativní pohodlí sběru dat.

9.2.CAD modelování

V našem případě můžeme říci, že pokud spojíme navrženou metodu s CAD modelováním, dosáhneme nejlepších výsledků. Modelovali-li bychom však náš model pouze pomocí CAD systému, vzniklo by nám několik prvotních problémů. V první řadě bychom museli určit metodiku měření jednotlivých rozměrů objektu, doprovázenou obrazovou dokumentací, ve finální fázi bychom stejně tak, jako v našem případě exportovali drátový model do speciálního programu, kde bychom navolili správné textury. Nepotýkali bychom se však s problémem geometrie linií a bodů, vše bychom mohli zkonstruovat s vědomím, že jsou si linie, které by měly být na sebe kolmé, opravdu na sebe kolmé atd.

Pokud by se naskytla další možnost modelování již dokončeného objektu a bylo by mi určeno použít metodu jinou, než pomocí průsekové fotogrammetrie, s největší pravděpodobností bych volil metodu CAD modelování.

9.3.Dvousnímková fotogrammetrie

Tuto metodu bych volil v případě menší prostorové složitosti objektu modelování. Stereofotogrammetrie je zajímavá metoda pořizování modelů, avšak je poněkud náročná na samotný sběr dat. Výhodou je ovšem jednoduchost vyhodnocování ve specializovaných programech a řízení automatického zpracování tohoto vyhodnocování.

10.METODIKA PRO TVORBU 3D MODELŮ BUDOV

Jak už bylo uvedeno v samém začátku této práce, cílem není navržení stoprocentní metodiky práce na tvorbě 3D modelů budov, avšak jakési doporučení postupu, který jsem si osvětlil při konkrétním modelování. Je pravdou, že ne všechny složky, které jsem si vytyčil před začátkem konstrukce modelu, byly navrženy správně. Od těchto chyb jsem však dospěl k poznatkům, jenž by měly v budoucnu potenciální modeláře nasměrovat na správnou cestu modelováním 3D objektů, hlavně pak budov. S ohledem na integraci do 3D ortofotomapy Moravskoslezského kraje, resp. i jiné aplikace využívající spojení ortofotomapy, reliéfu a modelů, doporučuji v programu SketchUp v jakémkoli výměnném formátu importovat vrstvu vrstevnic a samotný model upravit do terénu tak, aby se nevznášel ve vzduchu, nebo aby nebyl zasazen do terénu příliš nízko.

10.1.Možné metody modelování budov

Základním rozhodnutím je samozřejmě výběr možných metod modelování, které jsou založeny na níže uvedené metodice. Jako vhodné se mi jeví následující čtyři metody, které nazývám jako klíčové pro tvorbu 3D modelování budov.

- CAD modelování (kapitola 3.1.1)
- Laserscanning (kapitola 4.2.2)
- Průseková fotogrammetrie (kapitola 4.1)
- Dvousnímková fotogrammetrie (kapitola 4.1)

10.2.Volba kritérií metodiky

10.2.1.Existence objektu modelování

Velmi důležité je uvědomit si, jaký model budovy budeme vytvářet. Dle kapitoly 3 nejdříve určíme, zda-li modelujeme A priori, či A posteriori, tedy jestli rozlišujeme, jestli objekt, který modelujeme, již existuje, nebo ne.

10.2.2.Potřeba rychlého zpracování

Klademe-li důraz na zpracování objektu v co nejkratší časový úsek i za předpokladu vyšších finančních nákladů, naše potřeba rychlého zpracování je logicky vysoká.

10.2.3.Informace o rozměrech objektu

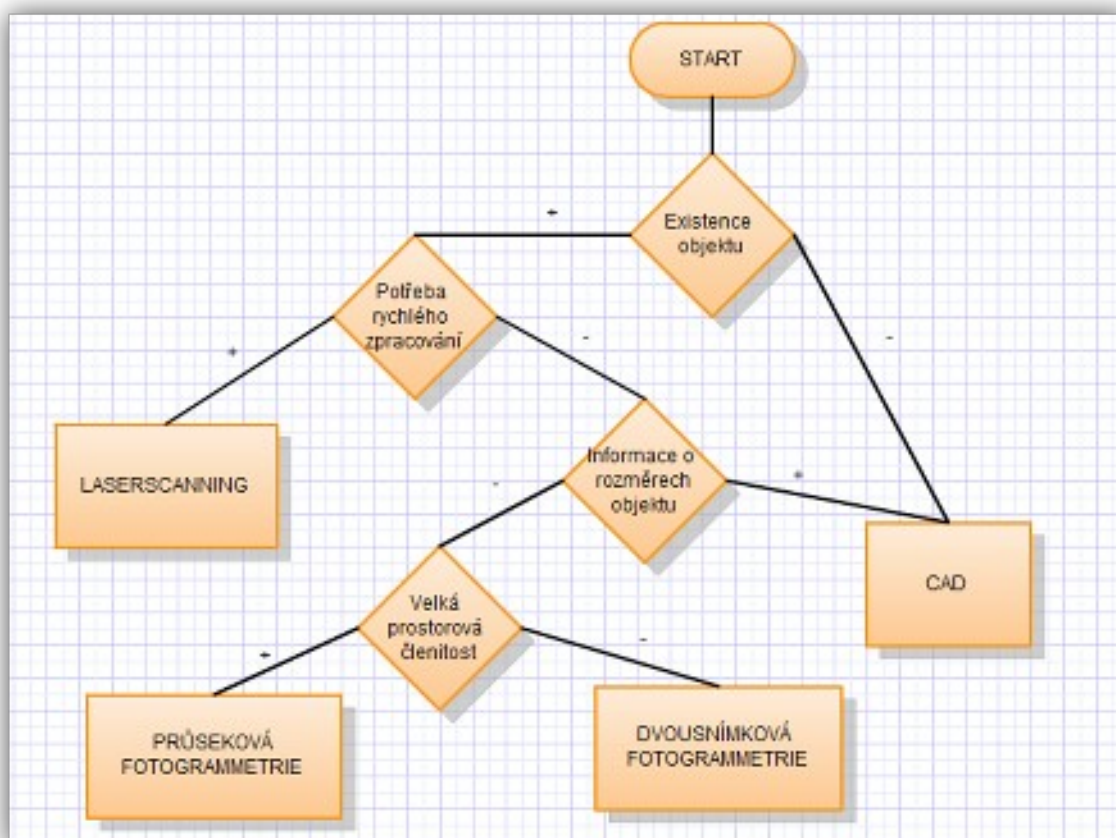
O rozměrech objektu jsme informováni v té chvíli, kdy dovedeme bez jakýchkoli problémů vyhledat velikost, výšku, délku, šířku či úhel elementu určeného k zasazení do modelu. Tyto informace však musíme mít zdokumentovány, hlavně pak cestu k získání těchto atributů, metodu měření apod.

10.2.4.Prostorová členitost

Tato vlastnost objektu není primárně měřitelná pro posouzení výběru správné metody modelování. Záleží proto na zkušenostech a uvážení konstruktéra, aby rozhodl, je-li objekt modelování členitý, nebo ne. Parametry pro posouzení prostorové členitosti jsou možný počet referenčních bodů, linií, počtu budov tvořící komplex, který se chystáme modelovat, také počet materiálů tvořících budovu pro získání textur a členitost terénu.

10.3.Popis metodiky

Následující obrázek zobrazuje popis navržené metodiky, jehož cíly jsou klíčové metody pro tvorbu 3D modelování budov. Kritéria metodiky, která jsou popsána v kapitole 10.2, odkazují pomocí binárního rozhodování na další kritéria, vedoucí až k cílům. Ty jsou podrobněji popsány z hlediska metodického v dalších podkapitolách.



Obrázek 16: Metodika pro tvorbu 3D modelů budov

10.3.1.CAD modelování

Je jediným možným postupem v případě a priori modelování. Není totiž možné modelovat ještě neexistující objekt jinými klíčovými metodami tvorby 3D budov, než konstrukcí v CAD programech. Dle mého názoru bych ji doporučil i jako metodu modelování a posteriori modelů v případě známých rozměrů objektů. Ušetří se tak čas strávený pořizováním fotografií, popř. se ušetří náklady za laserscanning. Prostorově členité objekty, jejichž modely mají za úkol získání přesné informace určené k měření, jsou vhodné ke konstrukci v těchto programech, z důvodu velké přesnosti metody.

10.3.2.Laserscanning

Tato metoda je nejrychlejší alternativou, kterou mohu doporučit ve všech případech modelování 3D budov s ohledem na nevýhody, které jsou popsány v kapitole 9.1.

10.3.3.Průseková fotogrammetrie

Metoda použitá v této práci je vhodná při pořizování a posteriori modelu, o němž neznáme informace o rozměrech. Oproti metodě dvousnímkové fotogrammetrie snese prostorově členitější modelování, avšak při modelování velmi složitých objektů doporučuji kombinaci s CAD programy.

10.3.4.Dvousnímková fotogrammetrie

Stereofotogrammetrie je výborným prostředkem pro a posteriori modelování prostorově nepříliš členitých objektů.

11.SPOLEČNÝ PROJEKT S OSTRAVSKÝMI VÝSTAVAMI, A.S.

Jelikož tento model slouží k propagaci cestovního ruchu v Moravskoslezském kraji, po domluvě s krajským úřadem a Ostravskými výstavami a.s., správcem objektu Slezskoostravského hradu, byla domluvena spolupráce, která spočívala ve vytvoření propagačního plakátu a další budoucí práce na vytvoření papírového modelu, který bude vystaven v areálu světa miniatur Miniuni. Interpretace modelu bude k dispozici také jako vystřihovánka.

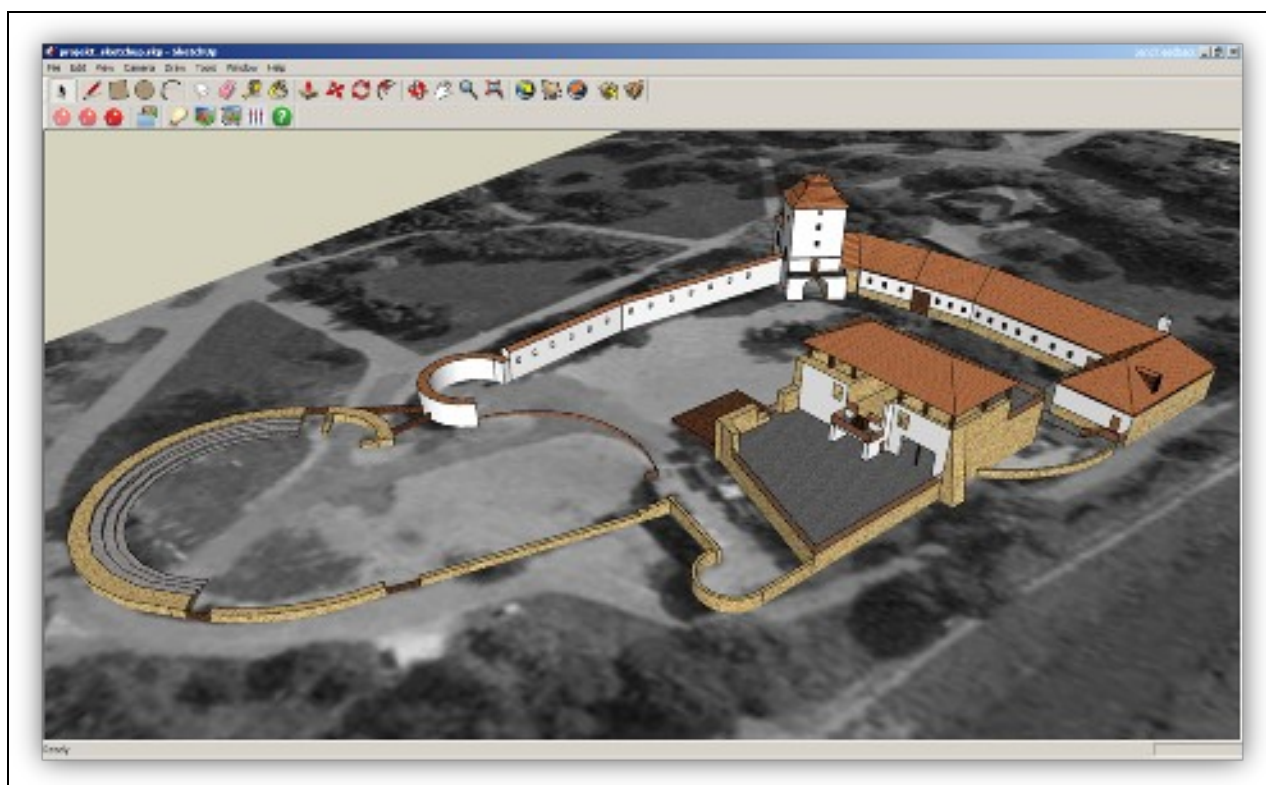
12.VÝSLEDKY



Obrázek 17: Vizualizace 3D modelu Slezskoostravského hradu

V přiloženém CD (Příloha č. 1) je možno nahlédnout na výsledek modelování společně s volně dostupnou verzí programu Google SketchUp. Finální podoba modelu je dostupná jak na 3D ortofotomapy Moravskoslezského kraje, tak na 3D warehouse společnosti Google. Papírový model bude součástí stálé expozice areálu Miniuni v Ostravě v průběhu roku 2009. Plakát „Slezskoostravský hrad“ (Příloha č. 2) zobrazuje akce na Slezskoostravském hradě pořádané celoročně Ostravskými výstavami a.s.

Dle mého názoru je vizualizace modelu užitečná a splňuje všechny cíle, které jsem si stanovil v počátku práce stejně tak, jako samotný postup a vytvořená metodika.



Obrázek 18: Finální podoba modelu

13.ZÁVĚR

Jak v průběhu let přibývá modelů v kolekci 3D warehouse společnosti Google, volných ke stažení každému člověku digitální generace, přemýšlím nad tím, jak by vypadal model Země Google Earth s použitím všech těchto prvků. Nebylo by jich více, než-li obrazů, či soch vystavených v největších galeriích světa?

V první kapitole skript z kartografie se dovídám, že mapa je umělecké dílo. Je i model poctěn stejným přívlastkem?

Jelikož i virtuálních světů je čím dál tím více a i přesto, že se náš reálný svět zdá býti nekulturním, domnívám se, že nemohu souhlasit s názorem, že kultura s postupem času ustupuje stále většímu tlaku primitivismu. Vždyť nástěnné kresby jsou vlastně také modely, hranice umění jsou nekonečné, založeny na subjektivních dojmech. Proto budeme vždy obklopeni kulturním prostředím, i když bude stále předmětem diskusí, co do něj spadá a co ne.

Nikdo nikdy nepotvrdí, že autorem teorie idejí je Platón, třeba je to jen smyšlená postava jiného filosofa či spisovatele. Nikdy nevíme, co je pravdou a co pouhou fikcí. Tento rozdíl mezi dvěma dalekými póly může být stejně tak, jako povědomí o kultuře a kulturním prostředí, velmi subjektivní.

V dnešní době ještě stačíme ve většině případů rozeznat modely od originálů, ale může se stát, že v budoucnu budou modely, které vlastně také tak trochu stojí ve světě idejí, k nerozeznání od originálů a virtuální realita se stane totožnou s realitou hmotného světa. A co je vlastně realita? Jsme si jisti, že hmotný svět, ve kterém žijeme, je reálným? Tot' otázka k nezodpovězení.

Na závěr bych chtěl citovat slova avantgardního básníka Guillauma Apollinaira, který „dvojnost světů“ popisuje takto:

(...)A toto arkanum je stále temnější

Ale mám strach o něm dál hloubat

Kdo ví, zda v něm není věčnost

Tam za beznosou smrtí (...)

(...)a padá na mne únava(...)

Otázky týkající se existence několika světů jsem sice v této práci nevyřešil, avšak jsem spokojen, že na mne únava „dvojnosti“ při pohledu na originál a model Slezskostravského hradu nezmohla k beznosé smrti.

14. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, I.:** *Close Range Photogrammetry, Principles, Methods and Applications*. Whittles Publishing, 2006, ISBN: 9781870325509.
2. **Mäntylä, M.:** *An Introduction to Solid Modeling*. Computer Science, Maryland, USA, 1988.
3. **Böhm, J., Becker, S., Haala, M.:** *Model Refinement by Integrated Processing of Laser Scanning and Photogrammetry*. [Online]. http://www.ifp.unistuttgart.de/publications/2007/Boehm_etal_3DARCH_2007.pdf
4. **Vosselman, G., Dijkman, S.:** *3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Ground Plans* [Online]. <http://www.itc.nl/personal/vosselman/papers/vosselman2001.annapolis.pdf>

15. SEZNAM CITACÍ

1. **Dolanský, Ing. Tomáš.** *Prostorové modely objektů - 3D modely pro moderní technologie*. [Online] <http://fzp.ujep.cz/kig/obecne/lidi/dolansky/publikace/SFDP2003.pdf>.
2. **Moravskoslezský kraj.** *3D model ortofotomapy Moravskoslezského kraje*. [Online] 2007. http://verejna-sprava.kr-moravskoslezsky.cz/mapy_3d.html.
3. **Rado Varga.** *Freeware Photomodeler Lite dokáže z fotografií vytvářet 3D modely*. [Online] 19. 3 1999. přeloženo ze slovenského jazyka. <http://www.zive.cz/Clanky/Freeware-Photomodeler-Lite-dokaze-z-fotografii-vytvarat-3D-modely/sc-3-a-5947/default.aspx>.
4. **Neznámý.** *Wikipedia*. [Online] <http://cs.wikipedia.org>.
5. **Josef Podstavek.** *POLNÍ KALIBRACE“ V SYSTÉMU FIRMY EOS SYSTEMS INC.-PHOTOMODELER PRO 4.0*. [Online] 2003. <http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2003texty/pdf/6/rp/podstavek.pdf>.

16. SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: SOUČASNÝ MODEL SLEZSKOOSTRAVSKÉHO HRADU NA 3D ORTOFOTOMAPĚ MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE.....	12
OBRÁZEK 2: „A PRIORI“ A „A POSTERIORI“ MODELOVÁNÍ.....	13
OBRÁZEK 3: OPTICKÝ 3D SKENER.....	17
OBRÁZEK 4: LASEROVÝ 3D SKENER.....	18
OBRÁZEK 5: NÁVRH POSTUPU PRÁCE.....	20
OBRÁZEK 6: PROSTŘEDÍ PROGRAMU PICASA.....	21
OBRÁZEK 7: POPIS POSTUPU ŘEŠENÍ PRÁCE.....	24
OBRÁZEK 8: SNÍMKY POUŽITY K TVORBĚ 3D MODELU SLEZSKOOSTRAVSKÉHO HRADU.....	27
OBRÁZEK 9: SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ STANOVIŠŤ.....	29
OBRÁZEK 10: KALIBRAČNÍ TERČ.....	30
OBRÁZEK 11: VÝSLEDEK KALIBRACE FOTOKOMORY.....	31
OBRÁZEK 12: PROCES TVORBY MODELU.....	32
OBRÁZEK 13: VÝSLEDEK NAINSTALOVÁNÍ PLUGINU 3D RAD EXPORTER	34
OBRÁZEK 14: FINÁLNÍ MODEL V PROSTŘEDÍ 3D ORTOFOTOMAPY MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE.....	34
OBRÁZEK 15: CHYBA V GEOMETRII LINÍ.....	36
OBRÁZEK 16: METODIKA PRO TVORBU 3D MODELŮ BUDOV.....	40
OBRÁZEK 17: VIZUALIZACE 3D MODELU SLEZSKOOSTRAVSKÉHO HRADU	41
OBRÁZEK 18: FINÁLNÍ PODOBA MODELU.....	42

17. SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: PODROBNOSTI OHLEDNĚ OBSAŽENÝCH DAT NA 3D ORTOFOTOMAPĚ MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE.....	23
TABULKA 2: TECHNICKÉ PARAMETRY FOTOAPARÁTU PANASONIC LUMIX FZ7	26

TABULKA 3: PRVKY VNITŘNÍ ORIENTACE KAMERY.....	32
---	-----------

18.SEZNAM PŘÍLOH

1. CD s daty
2. Plakát „Slezskostravský hrad“